

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 12 DEC 2003	
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 43 460.3

**Anmeldetag:** 19. September 2002

**Anmelder/Inhaber:** REHAU AG + Co,  
Rehau/DE

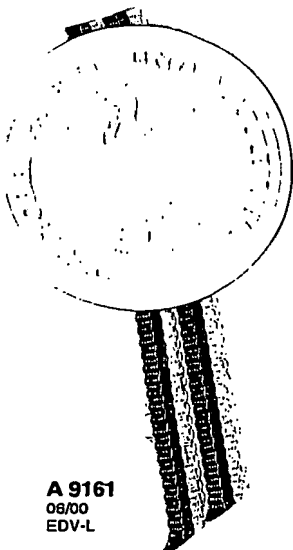
**Bezeichnung:** Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge  
und Stoßfängersystem

**IPC:** B 60 R, F 16 F, B 29 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. August 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Hintermeier



A 9161  
08/00  
EDV-L

Best Available Copy

## **Zusammenfassung**

Die Erfindung betrifft einen polymeren Energieabsorber und ein Stoßfängersystem für Kraftfahrzeuge, das die kinetische Energie, die bei Unfällen von Kraftfahrzeugen frei wird, durch Energieabsorption aufnimmt. Hierzu werden polymere Energieabsorber in ein Stoßfängersystem eingebaut.

Rehau, den 16.09.2002

dr.rw-zh

## **Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge und Stoßfängersystem**

Die Erfindung betrifft einen polymeren Energieabsorber für Kraftfahrzeuge, welcher die kinetische Energie, die bei Unfällen von Kraftfahrzeugen frei wird, durch Absorption aufnimmt und gezielt abführt. Hierzu wird der polymere Energieabsorber in Stoßfängersystemen und/oder -anordnungen von Kraftfahrzeugen eingebaut.

- 5 Aus dem Stand der Technik sind verschiedenartige Energieabsorber für den Einsatz im vorderen und/oder hinteren Stoßfängerbereich von Kraftfahrzeugen bekannt und werden zurzeit eingesetzt. Die verwendeten Energieabsorber weisen ein konstruktiv- und materialbedingtes unterschiedliches Energieabsorptionsvermögen und -verhalten für Aufprallgeschwindigkeiten im Bereich von typischerweise 5 bis 15 km/h auf.

- 10 Aufgrund der räumlichen Einbausituation von Energieabsorbern im vorderen oder hinteren Kraftfahrzeugbereich werden von den Kraftfahrzeugherstellern Systeme bevorzugt, die die kinetische Energie zum Zeitpunkt des Schadensereignisses in einer möglichst idealen Kraft-Weg-Kennlinie aufnehmen und nach einem anfänglich steilen Kraftanstieg, bei zeitlich fortschreitender Energieabsorption, in ein konstantes Kraftniveau überführen, so dass das Integral  $\int F \cdot ds$  unter der Kraft-Weg-Kennlinie maximal wird.

- 15 Im Stand der Technik werden reversible und irreversible Energieabsorbersysteme für Kraftfahrzeuge beschrieben. Ein Beispiel für reversible Energieabsorber sind hydraulische Dämpfungselemente, die mediumabhängig ein unterschiedliches Ansprechverhalten im Crashfall zeigen. Diese hydraulischen Dämpfungselemente sind hinsichtlich ihrer technischen Auslegung komplex und das Gewicht entspricht nicht den heutigen Anforderungen der Kraftfahrzeughersteller.

- 25 Hinsichtlich der irreversibel wirkenden Energieabsorber für Kraftfahrzeuge sind Anordnungen bekannt, die aus plastisch verformbaren Metallelementen wie z.B. aus Hohlprofilen mit Metallschäumung (Aluminiumschaum) bestehen und durch die Dichte der Metallschaumfüllung das Energieabsorptionsverhalten wesentlich bestimmen. Diese irreversiblen Energieabsorber sind aufwändig und kostenintensiv in der Herstellung.

In diesem Zusammenhang sind auch Kombinationen aus reversiblen und irreversiblen Energieabsorberelementen im Stand der Technik beschrieben.

5 Weiterhin sind verschiedenartige Energieabsorber für Kraftfahrzeuge bekannt, die ein unterschiedliches Energieabsorptionsvermögen besitzen und zwischen dem Längsträger und dem Stoßfängerträger als sogenannte Crash-Boxen oder Typschadenhalter in einer Stoßfängeranordnung zum Einsatz kommen. Die Crashboxen absorbieren zusätzlich zum Stoßfängerträger die Aufprallenergie und werden durch die geleistete Verformungsarbeit irreversibel verändert. Diese Energieabsorber dienen dem Schutz der Fahrzeugstruktur und führen bis zu Geschwindigkeiten von 15 km/h die Aufprallenergie im Schadensereignisfall ab.

15 In der Patentschrift DE 2509265 C 2 sind wabenartige Deformationsglieder beschrieben, die aus Metall oder Kunststoff bestehend, an der Stoßstange befestigt, zum Einsatz kommen. Der Einbau der Deformationsglieder erfolgt in Kraftfahrzeuglängsrichtung und die Deformationsglieder nehmen in einer Unfallsituation die Kraftspitze durch ihre wabenförmige Struktur energieabführend auf. Nachteilig ist die technische Herstellung der Wabenstruktur in den unterschiedlichen Materialausführungen und deren Verbindungstechnik, die insbesondere bei Verwendung von polymeren Materialien zu hohen konstruktiv bedingten Herstellungskosten führt und eine geringere formschlüssige Verbindung mit den Aufnahmeelementen der Stoßfängereinheit in zukünftigen Kraftfahrzeugen unter den vorgegebenen Einbausituationen gestattet.

25 Ein weiteres energieabsorbierendes Element zur dynamischen Aufnahme der Stoßenergie während einer Fahrzeugkollisionsphase ist in der Patentschrift DE 3833048 C2 offenbart. Diese Anordnung besteht aus Prallrohren, die profilförmig stranggezogen sind und aus Faserverbundwerkstoffen mit einem Matrixwerkstoff aus der Gruppe der Epoxydharze, der Phenolharze oder der Vinylesterharze zusammengesetzt sind und coaxial zueinander formschlüssig mit der Kraftfahrzeugkarosserie verbunden werden. Der Nachteil dieser Anordnung besteht in einer reduzierten Kraftaufnahme im Falle der Stoßbelastung in Kraftfahrzeuglängsrichtung durch die räumliche Anordnung der Prallrohre.

Aus der Patentschrift DE 4401805 A1 sind Pralldämpfer mit geschwindigkeitsabhängiger Energieumsetzung bekannt. Zur Energieumsetzung enthalten diese Pralldämpfer fluidgefüllte Druckkammern, die im Falle einer Fahrzeugkollision die fluidgefüllten Pralldämpferelemente in Längsrichtung verformen und durch die Kompressionsrückstellwirkung des gewählten Fluids eine Energiedissipation bewirken.  
5 Nachteile an dieser Ausführung ist das Gewicht der fluidgefüllten Pralldämpfer .

In der Patentschrift DE 10015294 C2 wird ein reversibles Deformationselement beschrieben, das eine Vorrichtung zur Stoßenergieaufnahme mittels Rohrbuchse zeigt,  
10 die mit einer elastischen, das Rohr umfassenden Manschette versehen ist , aus einer Formgedächtnislegierung besteht und auf Basis des physikalischen Memory-Effektes wirkt. Hierbei wird im Falle der Stoßeinwirkung die außen anliegende Manschette radial aufgeweitet und bedingt durch die Eigenschaft der Formgedächtnislegierung wirkt der Material-Memory-Effekt der Manschettenaufweitung zeitverzögert entgegen,  
15 so dass die Deformationsenergie retardiert abgebaut werden kann. Die radial und zeitverzögert wirkende Energieabsorption führt gesamthaft zu einem geringeren Ansprechverhalten der Energieabsorbereinheit im Crashfall und wird, verbunden mit den hohen Materialkosten der Formgedächtnislegierung, den zukünftigen Kraftfahrzeugherstellern Anforderungen nicht gerecht.

20 Die Patentschrift DE 3232940 C2 zeigt einen Stoßfänger für Kraftfahrzeuge, bestehend aus einem fahrzeugfesten Teil mit biegesteifen Trägerelementen und seitlich abgebogenen Endbereichen, dem eine wellenförmige Blattfeder vorgelagert ist. Die Blattfeder einschließlich Trägereinheit ist einstückig aus Kunststoff ausgeführt.

25 Weiterhin ist in der Patentschrift DE 19806541 A1 eine Stoßfängeranordnung offenbart, die Kunststoffschaumschichten in unterschiedlicher Dichte vorsieht und das Energieabsorptionsverhalten auf zwei Kraftniveaus realisiert, d.h. einen crashbedingten Aufprall in zwei unterschiedliche Energieabsorptionsniveaus überführt.

30 Neben den genannten Nachteilen aus dem Stand der Technik, zeigen die bisher eingesetzten Energieabsorber in Kraftfahrzeugen ein unregelmäßiges Energieaufnahmeverhalten, verbunden mit einer geringeren durchschnittlichen Energieabsorption, die im Kraft-Weg-Verhalten zu einer Zeitverzögerung führen und gesamthaft das

zeitliche Ansprechvermögen der Energieabsorbereinheit nachteilig beeinflussen. Weiterhin werden Konstruktionen energieabsorbierender Systeme für Kraftfahrzeuge vorgeschlagen, die den Gewichtsbedingungen, die an zukünftige Kraftfahrzeuggenerationen gestellt werden, nicht entsprechen.

5

Die zukünftigen technischen Anforderungen an Energieabsorber und -systeme für Kraftfahrzeuge werden durch die Faktoren

- hohe Effizienz des Systems im Schadensereignisfall,
- kleiner werdender Einbauraum,
- 10 - hohe Reproduzierbarkeit der Energieumwandlung,
- Montagefreundlichkeit beim Austausch oder Ersatz,
- Stabilität gegenüber klimatischen Einflüssen und
- Recyclingfähigkeit

bestimmt.

15

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die beschriebenen Nachteile aus dem Stand der Technik zu verbessern und einen Energieabsorber für Kraftfahrzeuge zu schaffen, der den zukünftigen Anforderungen an ein Energieabsorptionsverhalten entgegenkommt, so dass die kinetische Energie im Falle eines Schadensereignisses am Front- oder Heckbereich eines Kraftfahrzeuges auf minimalem Raum abgeführt werden kann.

20

Dieses System sollte einfach in der konstruktiven Auslegung sein und die von außen einwirkenden Kräfte im Schadensereignisfall optimal abbauen und somit den Schutz der Rahmen-/Karosserietragstruktur bis zu Aufprallgeschwindigkeiten von 20 km/h gewährleisten.

25

Es wurde ein Energieabsorber für Kraftfahrzeuge gefunden, der die vorgenannten Anforderungen hinsichtlich hoher Effizienz im Schadensereignisfall bei kleiner werdendem Einbauraum, verbunden mit hoher Reproduzierbarkeit der Energieumwandlung erfüllt, gegenüber klimatischen Einflüssen langzeitstabil ist und einen preiswerten Austausch/Ersatz unter Recyclinganforderungen gewährleistet.

30

In diesem Erfindungszusammenhang ist weiterhin ein Stoßfängersystem gefunden worden, das durch die gewählte seitlich beabstandete Anordnung der Energieabsorber und verbunden mit deren besonderen Form und Anbindung an die Tragstrukturen des Kraftfahrzeuges, die kinetische Energie im Geschwindigkeitsbereich von bis zu 20 km/h im Schadensereignisfall entlang eines vorgegebenen Energieabsorptionsweges im Vergleich zu bisher bekannten Systemen verbessert und zielgerichtet abführt.

Gegenstand der Erfindung ist ein polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge, bestehend aus einem rohrförmigen Polymermaterial mit einer Anzahl von spanabtragenden Elementen und die spanabtragenden Elemente umfänglich, form- und stoffschlüssig entlang einer mittigen Öffnung einer metallischen Grundplatte mit Flansch angeordnet sind und die Anordnung das rohrförmige Polymermaterial kraftschlüssig umfassen und die spanabtragenden Elemente eine Energieabsorption entlang der Längsrichtung der Polymerrohroberfläche im Crashfall durch spanende Materialabtragung bewirken.

Entsprechend der technischen Auslegung, wie Kraftfahrzeuggewicht, Einbaumsituation und Kraftfahrzeugtyp, werden rohrförmige thermoplastische oder duroplastische Werkstoffe für den erfindungsgemäßen Energieabsorber verwendet.

Das rohrförmige Polymermaterial für den polymeren Energieabsorber für Kraftfahrzeuge besteht vorzugsweise aus einem der Werkstoffe der Gruppe der Polyvinylchloride (PVC), Polyethylene (PE), Polypropylene (PP), Polyamide (PA), Polycarbonate (PC), Polyethylenterephthalate (PET), Polybutylenenterephthalate (PBT), Polymethylmethacrylate (PMMA), Polyoxymethylene (POM), Styrolcopolymerisate (Acrylnitril-Styrol-Butadin-Copolymer und Copolymer aus Styrol und Acrylnitril), Blends (ABS/PC und PBT/PC) oder aus Hochleistungspolymerwerkstoffen wie Polyetherketone (PEK, PEEK), Polyimide sowie aus deren Copolymeren.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform werden auch Mischpolymere der vorgenannten Art als Werkstoff für den rohrförmigen polymeren Energieabsorber für Kraftfahrzeuge verwendet.

In einer vorteilhaften Weiterbildung nach Anspruch 6, wird durch die Zugabe von anorganischen Füllstoffen, wie Kreide, Talkum, Kohlefasern, Glasfasern, Glimmer, Silikaten, Aluminiumnitrit und -silikat und metallische Mikropartikel, die mechanische Festigkeit und Steifigkeit des rohrförmigen Polymermaterials für den erfindungsgemäßen Energieabsorber entscheidend beeinflusst. Der Anteil der anorganischen Füllstoffe liegt im Bereich von 3 bis 40 Gewichtsprozenten, bezogen auf das Molgewicht des verwendeten Polymermaterials des Energieabsorbers.

Besonders bevorzugt sind in einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung Nanofüllstoffe, wie  $\text{TiO}_2$ , Ruß, Kieselsäure und Tonminerale, mit Partikelgrößen von 80-150 nm und einem Füllstoffanteil von 3-15 Gewichtsprozenten, bezogen auf das Molgewicht des verwendeten rohrförmigen Polymermaterials des Energieabsorbers, die den in Anspruch 3 bis 5 aufgeführten polymeren Werkstoffen zugegeben werden.

Damit steht ein breites Spektrum von polymeren Werkstoffen für den erfindungsgemäßen Energieabsorber zur Verfügung, der verbunden mit dem konstruktiven Aufbau der spanabtragenden Elemente, das Energieabsorptionsverhalten im Crashfall bestimmt.

Der Rohraußendurchmesser des polymeren Energieabsorbers liegt zwischen 4 bis 10 cm und umfasst eine Rohrwandstärke von 0,5 bis 10 mm (entsprechend Vollmaterialstärke) und die Rohrgesamtlänge (gleich Absorptionsweglänge) liegt im Bereich von 35 bis 200 mm, entsprechend der Auslegung für eine Energieabsorption von bis zu 20 kJ.

In einer bevorzugten Ausführungsform eines rohrförmigen polymeren Energieabsorbers liegt die Rohrgesamtlänge nach Anspruch 11 im Bereich von 100-170 mm und ist abhängig von der konstruktiv vorgegebenen Einbaumsituation des Kraftfahrzeuges, der zu absorbierenden Energie und der Auslegung für einen Crash-Geschwindigkeitsbereich von bis zu 20 km/h.

Eine weitere vorteilhafte Erfindungsausgestaltung sieht einen Mehrschichtaufbau, bestehend aus polymeren Werkstoffen, des rohrförmigen Energieabsorbers vor. Hierzu werden mehrere Schichten, mindestens jedoch zwei, gleicher und/oder ver-



schiedener Schichtdicken aus gleichen und/oder unterschiedlichen polymeren Werkstoffen bestehend, verwendet.

Die polymere Einzelschicht kann aus Polyvinylchlorid (PVC), Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polyamid (PA), Polycarbonat (PC), Polyethylenterephthalat (PET), Polybutylenenterephthalat (PBT), Polymethylmethacrylat (PMMA), Polyoxymethylen (POM), Styrolcopolymerisat (Acrylnitril-Styrol-Butadin-Copolymer und Copolymer aus Styrol und Acrylnitril), Blends (ABS/PC und PBT/PC) oder aus Hochleistungspolymeren wie Polyetherketon (PEK, PEEK), Polyimid sowie aus deren Copolymeren bestehen.

Die Dichte der verwendeten unterschiedlichen thermoplastischen und/oder duoplastischen Werkstoffe für den Mehrschichtaufbau des polymeren Energieabsorbers umfasst den Bereich von 0,82 bis 1,48 g/cm<sup>3</sup>.

Zur Verbesserung der Querkraftsteifigkeit des erfindungsgemäßen Energieabsorbers in diesem Zusammenhang werden metallische Einlagen und/oder Gewebearmierungen (Gaze) ganzflächig oder partiell auf eine innere Trägerschicht - auch in einem Mehrschichtaufbau - aufgebracht. Die eingesetzten metallischen Einlagen und/oder Gewebearmierungen bewirken zusätzlich eine Reduzierung der Wärmeausdehnung des rohrförmigen polymeren Energieabsorbers und gewährleisten dessen Formstabilität gegenüber klimatischen Einflüssen.

Darüber hinaus gewährleisten die eingesetzten metallischen Einlagen und/oder Gewebearmierungen im Falle eines Crashes die Formstabilität des rohrförmigen polymeren Energieabsorbers.

Denkbar in diesem Erfindungszusammenhang ist auch die Beschichtung eines rohrförmigen aus Metall bestehenden Grundkörpers mit den vorgenannten Polymerschichten, so dass diese aufgetragenen Polymerschichten als energieabsorbierende Zerspannungsschicht für die Verwendung als hybrider polymerer Energieabsorber zur Anwendung kommen.

Grundsätzlich ist die Form des erfindungsgemäßen Energieabsorbers nicht auf rohrförmige Elemente begrenzt, denkbar sind auch kreisförmige, U-förmige, trapezförmige, rechteckförmige oder ellipsenförmige geometrische Querschnitte.

- 5 Die Herstellung des rohrförmigen polymeren Energieabsorbers für Kraftfahrzeuge, auch der mit Polymermaterial beschichteten, erfolgt einfach und kostengünstig im Extrusions-, Coextrusions- und/oder Spritzgussverfahren.

- 10 Die Crash-Energieaufnahme im Bereich von 2 bis 20 kJ für Aufprallgeschwindigkeiten bis 20 km/h wird durch die Verwendung eines im Gewicht leichten und rohrförmig ausgebildeten Polymermaterials des Energieabsorbers und durch die spanabtragenden Elemente, die umfänglich, form- und stoffschlüssig entlang der mittigen Öffnung der metallischen Grundplatte mit Flansch angeordnet sind und das rohrförmige Polymermaterial kraftschlüssig umfassen, erreicht. Dazu wird entlang der
- 15 Längsrichtung der Polymerrohroberfläche des erfindungsgemäßen Energieabsorbers mittels spanabtragender Elemente eine Energieabsorption durch Materialabtragung bewirkt.

- 20 Die zu absorbierende Energie ist von dem verwendeten polymeren Werkstoff, von der Anzahl, der geometrischen Form und der Schnitttiefe/Eindringtiefe der spanabtragenden Elemente abhängig. Die spanabtragenden Elemente, in Verbindung mit dem rohrförmigen polymeren Werkstoff des erfindungsgemäßen Energieabsorbers, beeinflussen damit die Energieabsorption in besonderem Maße.

- 25 Insbesondere lassen sich die Kraft-Weg-Kennlinien, d.h. integral gesehen die Energieabsorption, durch die Anzahl und die Form der spanabtragenden Elemente in einem variablen Energieabsorptionsbereich von bis zu 20 kJ einstellen, so dass die unterschiedlichen Gegebenheiten der Kraftfahrzeuge, wie Kraftfahrzeuggewicht und Einbaumsituation, berücksichtigt werden.

- 30 Denkbar ist erfindungsgemäß auch eine Anordnung, in der die spanabtragenden Elemente entlang der rohrförmigen Innenoberfläche des polymeren Energieabsorbers wirken oder in einer Kombinationsanordnung, an der Außen- und Innenoberfläche. Die Energieabsorption erfolgt dann in axialer Richtung entlang der Innenober-

fläche bzw. in der kombinierten Anordnung entlang der Außen- und Innenoberfläche des polymeren Energieabsorbers.

- 5 Die Anzahl der spanabtragenden Elemente liegt im Bereich von 4 bis 40. Experimentell als besonders vorteilhaft erwiesen sich 8 bis 16 symmetrisch und äquidistant umfänglich angeordnete spanabtragende Elemente. Dabei ist die symmetrische und äquidistante Anordnung in einer ersten Erfindungsausgestaltung nicht begrenzend zu sehen.
- 10 Der Abstand der einzelnen spanabtragenden Elemente zueinander liegt im Bereich von 2,5 bis 25% bezogen auf den rohrförmigen polymeren Energieabsorberaußen- oder -innenumfang und ist abhängig von der Anzahl, der Länge und der gewählten Anordnung der spanabtragenden Elemente.
- 15 Die spanabtragenden Elemente sind rechteck-, dreieck-, trapez-, mehreck- und/oder halbrundförmig geformt und bilden einen Spannungswinkel relativ zur Normalen der rohrförmigen polymeren Energieabsorberaußen- oder -innenoberfläche von 45 – 90 Grad.
- 20 Aus verschiedenen Crash-Experimenten und -Simulationen ergab sich eine bevorzugte Länge der einzelnen spanabtragenden Elemente von 0,5-3 cm, angepasst an die Rohrwandstärke des polymeren Energieabsorbers, wodurch Materialeindringtiefen  $\Delta d$  von 0,15 bis 1,5 cm im Crashfall erreicht wurden.
- 25 Das Verhältnis von Kraftniveau zum flächenhaften Materialabtrag eines polymeren Energieabsorbers ist bspw. für Polyamid in Fig. 4 dargestellt. Hierbei wird für ein Kraftniveau von 70 kN eine Gesamtfläche von 320 mm<sup>2</sup> aus der polymeren Rohroberfläche des erfindungsgemäßen Energieabsorbers materialspanend abgetragen. Das in diesem Zusammenhang dargestellte Kraftniveau zu Flächenverhältnis zeigt für Kraftniveaus im Bereich von 10 bis 90 kN eine lineare Abhängigkeit des flächen-
- 30 haften Materialabtrages, der in diesem Beispiel durch acht spanabtragende Elemente bewirkt wird.

Die zur Anwendung kommenden Materialien für die spanabtragenden Elemente sind Metalle, wie Aluminium, Titan, Eisen etc. oder Metalllegierungen oder Keramiken.

5 Eine metallisch ausgeführte Führungshülse, die auch in einer Kunststoff- oder Kunststoff-Metallausführung vorliegen kann, lässt gesamthaft durch die einstückige Verbindung an der Grundplatte mit Flansch, nur eine axiale Bewegung des rohrförmigen polymeren Energieabsorbers zu und wirkt im Crashfall als Momentenabstützung.

10 Weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Stoßfängersystem für Kraftfahrzeuge. Das Stoßfängersystem besteht aus mindestens zwei erfindungsgemäßen Energieabsorbern nach Patentanspruch 1-28 und wird abhängig von der vorliegenden Einbausituation im Kraftfahrzeug, vor den Fahrzeuglängsträgern angeordnet. Die Befestigung der polymeren Energieabsorber erfolgt form- und/oder kraftschlüssig mittels  
15 einer Flanschverbindung der Grundplatte des Energieabsorbers an eine dahinterliegende Fahrzeugstruktur und gewährleistet, dass die Verbindung für Ein- und/oder Ausbauzwecke gelöst und wiederhergestellt werden kann. Die Verbindung, mit bspw. dem Längsträger, erfolgt durch Befestigungselemente.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des Stoßfängersystems, wird der Energieabsorber einstückig mit dem Stoßfängerträger ausgeführt. Die Verbindung des polymeren Rohrs des Energieabsorbers an den Stoßfängerträger erfolgt dabei form- und stoffschlüssig oder nach konstruktiven Vorgaben form- und kraftschlüssig.  
20

Das erfindungsgemäße einstückige Stoßfängersystem in Verbindung mit dem polymeren Energieabsorber ermöglicht somit eine unter Kostenaspekten optimierte Auslegung, die auch die zugehörigen Komponenten betreffen, so dass gesamthaft die Herstellungskosten reduziert werden können.  
25

Besonders vorteilhaft ist die Montagefreundlichkeit im Falle der werksseitigen Befestigung am Kraftfahrzeug bzw. im Reparaturfall, bedingt durch die einfache Auslegung. Darüber hinaus erfüllt das Stoßfängersystem die Anforderungen der Kraftfahrzeughersteller an den kleiner werdenden Einbauraum, bei gleichzeitig verbesserter und reproduzierbarer Energieabsorption.  
30

Insbesondere die unterschiedliche Wahl der Länge eines polymeren Energieabsorbers, angepasst an die verschiedenen Kraftfahrzeugtypen, gewährleistet daher eine optimale Nutzung der vorgegebenen Einbauräumlichkeiten. Die Möglichkeit der Verwendung von unterschiedlichen polymeren Werkstoffen für den erfindungsgemäßen Energieabsorber, in Verbindung mit dem Stoßfängersystem, führt zur Reduktion des Kraftfahrzeuggewichtes, ohne Verlust der Sicherheitserfordernisse in Unfallsituationen.

Auch unter Umweltaspekten und den internationalen Recyclinganforderungen bietet die vorgeschlagene Erfindung Vorteile, da die zur Anwendung kommenden polymeren Werkstoffe im Rahmen der Kraftfahrzeugteileentsorgung einer weiteren Verwendung zugeführt werden können.

Grundsätzlich ist anzumerken, dass die Erfindung auch für den Heckbereich eines Kraftfahrzeuges zur Anwendung kommen kann.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Figuren und Beispiele, welche jedoch keine Beschränkung der Erfindung darstellen, näher erläutert. Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Patentansprüchen.

Es zeigen:

- Fig.1 Die prinzipielle Ansicht eines Stoßfängersystems mit einem erfindungsgemäßen rohrförmigen polymeren Energieabsorber im Frontbereich eines Kraftfahrzeuges.
- 25 Fig.2a Einen Längsschnitt durch einen erfindungsgemäßen rohrförmigen polymeren Energieabsorber vor einer Crashsituation.
- Fig.2b Einen Längsschnitt durch einen erfindungsgemäßen rohrförmigen polymeren Energieabsorber nach einer Crashsituation.
- Fig.2c Einen Querschnitt des rohrförmigen polymeren Energieabsorbers im Zustand vor dem Crash.
- 30 Fig.2d Einen Querschnitt des rohrförmigen polymeren Energieabsorbers im Zustand nach dem Crash.
- Fig.2e Eine Darstellung der Materialeindringtiefe nach dem Crash.

Fig.3a-h Verschiedene geometrische Formen von spanabtragenden Elementen für die Außen- oder Innenanordnung.

Fig.4 Ein Kraft-Flächen-Verhältnisdiagramm für das Material Polyamid eines polymeren Energieabsorbers.

5 Fig.5 Eine Anbindung des polymeren Energieabsorbers an eine Stoßfängeranordnung.

10 In Fig. 1 ist die prinzipielle Ansicht eines Stoßfängersystems mit einem erfindungsgemäßen rohrförmigen polymeren Energieabsorber im Frontbereich eines Kraftfahrzeuges dargestellt. Es besteht aus einem vorderen Stoßfängerträger 4, mit zwei an den Enden des vorderen Stoßfängerträgers 4 angebrachten rohrförmigen polymeren Energieabsorbern 3,3'. Jeder rohrförmige polymere Energieabsorber 3,3' wird mittels einer metallischen Grundplatte 2,2' mit Flansch 2a,2a' und spanabtragenden Elementen 2b,2b', die in dieser Detaillierungsstufe der Zeichnung nicht dargestellt sind, an einer Fahrzeugstruktur 1 verbunden. Beim Überschreiten einer bestimmten kritischen Kraftbelastung im Crashfall, werden die rohrförmigen polymeren Energieabsorber 3,3' durch die spanabtragenden Elemente 2,2b' der metallischen Grundplatte 2,2' in Oberflächenlängsrichtung materialabtragend zerspannt.

15 Hierbei wird die Energieabsorption mittels Materialabtragung durch umfängliches Zerspannen entlang der polymeren Außenoberfläche des Energieabsorbers, der auch aus mehreren polymeren Schichten aufgebaut sein kann, erreicht.

20 In Fig. 2a ist ein Längsschnitt durch einen rohrförmigen polymeren Energieabsorber 3 mit Führungshülse 5 vor einer Crashsituation zu sehen. Dabei ist der rohrförmige polymere Energieabsorber 3 form- und kraftschlüssig mit einer metallischen Grundplatte 2, mit Flansch 2a und spanabtragenden Elementen 2b verbunden und wird zusätzlich durch eine Führungshülse 5 lagestabil gehalten. Nach einem erfolgten Crash zeigt Fig. 2b eine Endlage des rohrförmigen polymeren Energieabsorbers 3 in Richtung der durch den Crash bedingten Krafteinwirkung. Dabei wird der rohrförmige polymere Energieabsorber 3 um einen Weg  $\Delta s$  gegenüber der Ausgangsstellung in Richtung der Krafteinwirkung verschoben und die spanabtragenden Elemente 2b wirken entlang der polymeren Oberfläche materialabtragend und zerspannen diese, wie die gestrichelt gezeichneten Zerspannungsspuren 6a-h beispielhaft zeigen.

Zum besseren Verständnis ist der Querschnitt eines rohrförmigen polymeren Energieabsorbers 3 im Zustand vor dem Crash in Fig. 2c und nach dem Crash in Fig. 2d dargestellt.

- 5 Fig. 2d zeigt im Querschnitt die durch eine bevorzugte Ausführungsform von acht spanabtragenden Elementen 2b bewirkte Oberflächenzerspanung mit den Zerspanungsspurquerschnitten 6a-h nach der Krafteinwirkung im Crashfall.

Die Materialeindringtiefe  $\Delta d$ , wie in Fig. 2e gezeigt, ist abhängig von den gewählten spanabtragenden Elementen 2b, deren geometrischen Form (siehe Fig. 3a-h) und  
10 den verwendeten Polymermaterialien nach Patentanspruch 1 bis 8.

Die Figuren 3a-d zeigen verschiedene geometrische Formen von spanabtragenden Elementen 2b in halbrundförmiger (Fig. 3a), rechteckförmiger (Fig. 3b), dreieckförmiger (Fig. 3c) und mehreckförmiger (Fig. 3d) Ausbildung für den Fall der Zerspanung an der Außenoberfläche an einem polymeren Energieabsorber 3 und die Figuren 3e-h die entsprechenden spanabtragenden Elemente 2b für den Fall der Zerspanung an der Innenoberfläche des polymeren Energieabsorbers 3.

Die Länge der spanabtragenden Elemente 2b ergibt sich für beide Anwendungen, d.h. in einer Außen- und/oder Innenanordnung, aus der geometrischen Form der spanabtragenden Elemente und der einstellbaren Materialeindringtiefe  $\Delta d$ , so dass  
20 bei einem Zerspanungswinkel im Bereich von 45-90° Grad der spanabtragenden Elemente 2b im Crashfall und in Abhängigkeit von der gewählten Rohrwandstärke des polymeren Energieabsorbers nach Anspruch 10, die Absorption der Crashenergie gewährleistet ist.

25 In Fig.4 ist beispielhaft ein experimentell ermitteltes Kraft-Flächen-Verhältnis eines polymeren Energieabsorbers für Kräfte von 0 - 90 kN und spanabtragende Elemente 2b nach Fig. 3a für ein polymeres Material nach Patentanspruch 3 in Abhängigkeit von der (materialabgetragenen) gespannten Fläche dargestellt. Dabei zeigte sich,  
30 dass der erfindungsgemäße Energieabsorber bei ansteigendem Kraftniveau, einen linear ansteigenden Flächenabtrag entlang der polymeren Oberfläche bewirkt.

Fig.5 stellt eine einstückig, form- und kraftschlüssig ausgeführte Anbindung des polymeren Energieabsorbers 3 an einen Stoßfängerträger 4 beispielhaft dar. Die kraftschlüssige Befestigung der metallischen Grundplatte, 2 mit Flansch 2a, des Energieabsorbers 3, erfolgt bspw. an der Längsträgerachse bzw. an einer bevorzugten Tragstruktur des Kraftfahrzeuges durch Befestigungselemente, wobei das gegenüberliegende Ende des polymeren Energieabsorbers einstückig an den Stoßfängerträger angeformt ist und bei der Herstellung des Stoßfängersystems im Spritzgussverfahren gleich mit angeformt werden kann, so dass das Stoßfängersystem mit dem polymeren Energieabsorber bereits endgefertigt wird.

10 Die in den Ausführungsbeispielen in der Fig. 1, 2a,b und 5 dargestellte Führungshülse 5 ist bspw. metallisch ausgeführt und die Führungshülse 5 lässt durch die einstückige Verbindung an der Grundplatte 2 mit Flansch 2a, die an der Tragstruktur 1 eines Kraftfahrzeuges befestigt ist, eine axiale Bewegung des polymeren Energieabsorbers zu und wirkt im Falle der Krafteinwirkung im Crashfall als Momentenabstützung.

20 Grundsätzlich ist die Erfindung nicht auf die dargestellten und beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Eine gesamthaft metallisch ausgeführte Ausführung des erfindungsgemäßen Energieabsorbers, ist in diesem Erfindungszusammenhang denkbar.

- Patentansprüche -



## Patentansprüche

1. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge, dadurch gekennzeichnet, dass der Energieabsorber aus einem rohrförmigen Polymermaterial mit einer Anzahl von spanabtragenden Elementen 2b besteht und die spanabtragenden Elemente 2b umfänglich, form- und stoffschlüssig entlang einer mittigen Öffnung einer metallischen Grundplatte 2 mit Flansch 2a angeordnet sind und die Anordnung das rohrförmige Polymermaterial kraftschlüssig umfassen und eine Energieabsorption entlang der Längsrichtung der Polymerrohroberfläche im Crashfall durch spanende Materialabtragung bewirken.  
5
- 10 2. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass angepasst an das Kraftfahrzeuggewicht und den Kraftfahrzeugtyp, rohrförmige thermoplastische oder duroplastische Werkstoffe verwendet werden .
- 15 3. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass das rohrförmige Polymermaterial für den polymeren Energieabsorber aus einem der Werkstoffe der Gruppe der Polyvinylchloride (PVC), Polyethylene (PE), Polypropylene (PP), Polyamide (PA), Polycarbonate (PC) , Polyethylenterephthalate (PET), Polybutylenenterephthalate (PBT), Polymethylmethacrylate (PMMA), Polyoxymethylene (POM), Styrolcopolymerisate (Acrylnitril-Styrol-Butadin-Copolymer und Copolymer aus Styrol und Acrylnitril) und Blends (ABS/PC und PBT/PC) besteht.  
20
- 25 4. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass das rohrförmige Polymermaterial für den polymeren Energieabsorber aus einem Hochleistungspolymerwerkstoff der Gruppe der Polyetherketone (PEK, PEEK), Polyimide und deren Copolymere besteht.

5. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass Mischpolymere als Werkstoff für das rohrförmige Polymermaterial des Energieabsorbers verwendet sind.
- 5 6. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zugabe von anorganischen Füllstoffen, wie Kreide, Talkum, Kohlefasern, Glasfasern, Glimmer, Silikaten, Aluminiumnitrit und -silikat und metallische Mikropartikel, die mechanische Festigkeit und Steifigkeit des rohrförmigen Polymermaterials des Energieabsorbers verbessern.
- 10 7. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil der zugegebenen anorganischen Füllstoffe im Bereich von 3 bis 40 Gewichtsprozenten bezogen auf das Molgewicht des verwendeten rohrförmigen Polymermaterials des Energieabsorbers ist.
- 15 8. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass Nano-Füllstoffe, wie  $\text{TiO}_2$ , Ruß, Kieselsäure und Tonminerale mit Partikelgrößen von 80-150 nm und einem Füllstoffanteil von 3-15 Gewichtsprozenten bezogen auf das Molgewicht des verwendeten rohrförmigen Polymermaterials des Energieabsorbers zugegeben werden.
- 20 9. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Rohraußendurchmesser eines rohrförmigen polymeren Energieabsorbers im Bereich von 4 bis 10 cm liegt.
- 25 10. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Rohrwandstärke eines rohrförmigen polymeren Energieabsorbers 0,5 bis 10 cm (entsprechend Vollmaterialstärke) umfasst.
- 30 11. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Rohrgesamtlänge eines rohrförmigen polymeren Energieabsorbers entsprechend der Auslegung für eine Energieabsorption von bis zu 20 kJ im Bereich von 35 bis 200 mm liegt.

12. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Gesamtlänge eines rohrförmigen polymeren Energieabsorbers vorzugsweise im Bereich von 100-170 mm liegt und abhängig ist von der konstruktiv vorgegebenen Einbaumsituation eines Kraftfahrzeuges, der zu absorbierenden Energien und der Auslegung für einen Crash-Geschwindigkeitsbereich von bis zu 20 km/h umfasst.
13. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der rohrförmige polymere Energieabsorber aus mindestens zwei Schichten mit gleicher und/oder verschiedener Schichtdicke und aus gleichen und/oder unterschiedlichen polymeren Werkstoffen nach Anspruch 3 bis 5 besteht.
14. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichte der verwendeten thermoplastischen und/oder duroplastischen Werkstoffe für den Mehrschichtaufbau des polymeren Energieabsorbers im Bereich von 0,82 bis 1,48 g/cm<sup>3</sup> liegt.
15. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine metallische Einlage und/oder Gewebearmierung ganz oder partiell auf eine Trägerschicht in einem Mehrschichtaufbau zur Verbesserung der Querkraftsteifigkeit nach Patentanspruch 13 aufgebracht wird.
16. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein aus Metall bestehender rohrförmiger Grundkörper gemäß Patentanspruch 13 beschichtet ist und die aufgetragenen Polymer-schichten die energieabsorbierenden Zerspanungsschichten sind.
17. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die geometrische Querschnittsform kreisförmig, U-förmig, trapezförmig, rechteckförmig oder ellipsenförmig für den rohrförmigen Energieabsorber ausgebildet ist.

18. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass ein rohrförmiger polymerer Energieabsorber im Extrusions-, Co-Extrusions- und/oder Spritzgussverfahren hergestellt wird.
- 5 19. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass entlang der Längsrichtung der Polymerrohroberfläche des Energieabsorbers, mittels einer Anzahl von spanabtragender Elemente 2b, die kraftschlüssig mit der Polymerrohroberfläche verbunden sind, eine Energieabsorption durch Materialabtragung für Aufprallgeschwindigkeiten von bis zu
- 10 20 km/h erreicht wird.
20. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Anzahl, die geometrische Form und Schnitttiefe (Eindringtiefe) der spanabtragenden Elemente 2b eine
- 15 Energieabsorption von bis zu 20 kJ einstellbar ist.
21. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die spanabtragenden Elemente 2b entlang der rohrförmigen polymeren Innenoberfläche oder in einer Kombinationsanordnung an der Außen- und Innenoberfläche nach Patentanspruch 1 energieabsorbierend wirken.
- 20
22. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der spanabtragenden Elemente 2b im
- 25 Bereich von 4 bis 40 liegt.
23. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass 8 bis 16 symmetrisch und äquidistant angeordnete spanabtragende Elemente 2b umfänglich angeordnet sind.
- 30
24. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 22 dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand der einzelnen spanabtragenden Elemente 2b zueinander im Bereich von 2,5 bis 25%, bezogen auf den rohrförmigen polymeren Energieabsorberaußen- und/oder -innenumfang, ist.

25. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die spanabtragenden Elemente 2b rechteck-, dreieck-, trapez- mehreck- oder halbrundförmig geformt sind und einen Spannungswinkel relativ zur Normalen der rohrförmigen polymeren Energieabsorberaußen- oder -innenoberfläche von 45-90 Grad bilden.
- 5
26. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge eines spanabtragenden Elementes 2b angepasst an die Rohrwandstärke des polymeren Energieabsorbers 0,5-3 cm ist und eine Materialeindringtiefe  $\Delta d$  von 0,15 bis 1,5 cm bewirkt.
- 10
27. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Metall, oder Metalllegierungen oder Keramiken als Material für die spanabtragenden Elemente 2b verwendet werden.
- 15
28. Polymerer Energieabsorber für Kraftfahrzeuge nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Führungshülse 5 einstückig an der metallischen Grundplatte 2 mit Flansch 2a befestigt ist und eine axial geführte Bewegung des rohrförmigen polymeren Energieabsorbers erreicht ist und die Führungshülse 5 im Crashfall als Momentenabstützung wirkt.
- 20
29. Stoßfängersystem für Kraftfahrzeuge, aufweisend mindestens zwei polymere Energieabsorber nach einem der Ansprüche 1 bis 28.
- 25
30. Stoßfängersystem für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass die polymeren Energieabsorber vor einen Fahrzeuglängsträger angeordnet werden und die Verbindung der rohrförmigen polymeren Energieabsorber form- und/oder kraftschlüssig durch den Flansch 2a der metallischen Grundplatte 2 des Energieabsorbers an eine dahinterliegende Fahrzeugstruktur 7 mittels Befestigungselemente erfolgt.
- 30

31. Stoßfängersystem für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 29 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Energieabsorber einstückig mit dem Stoßfängerträger verbunden sind und eine Anbindung an den Stoßfängerträger form- und stoffschlüssig oder form- und kraftschlüssig ausgeführt ist.

5

32. Stoßfängersystem für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 29 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass das Stoßfängersystem für den Heckbereich eines Kraftfahrzeuges eingesetzt wird.

10

Rehau, den 16.09.2002  
dr.rw-zh

## Bezugszeichenliste

1	Fahrzeugstruktur
2,2'	metallische Grundplatte
2a,2a'	Flansch (mit Verbindungselementen)
2b,2b'	spanabtragende Elemente
3, 3'	rohrförmiger polymerer Energieabsorber
4	Stoßfängerträger
5	metallische Führungshülse
6a-h	Zerspanungsspuren
7	Fahrzeugstruktur mit Befestigungselementen
$\Delta s$	Weg der Verschiebung nach Krafteinwirkung
$\Delta d$	Materialeindringtiefe der spanabtragenden Elemente

Rehau, den 16.09.2002

dr.rw-zh

Fig. 1

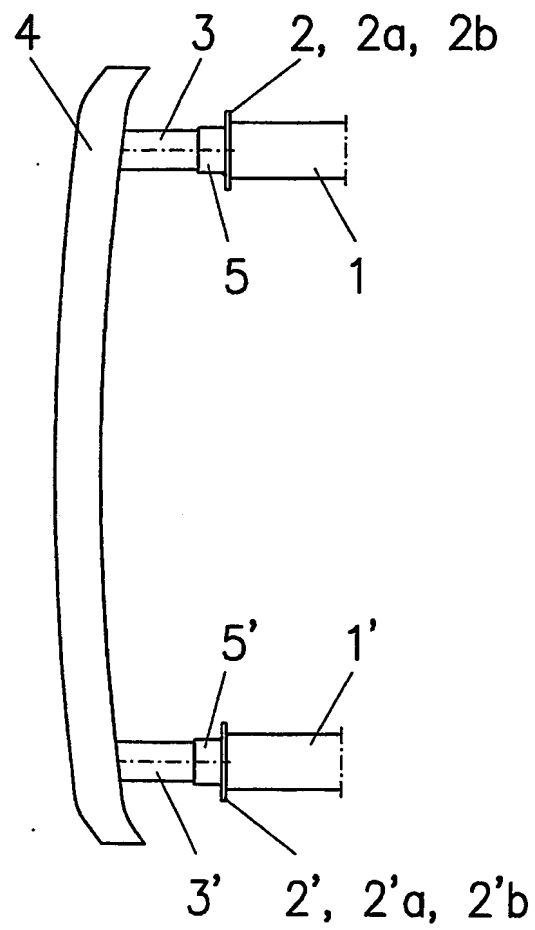




Fig. 2a

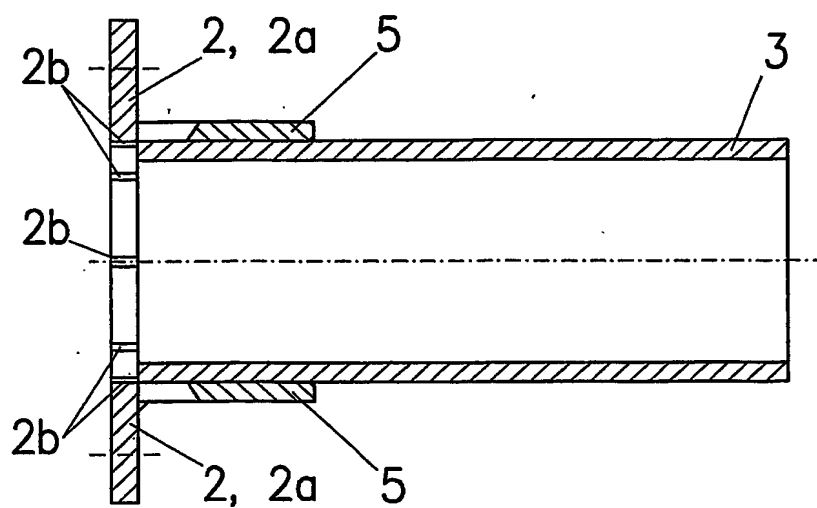


Fig. 2c

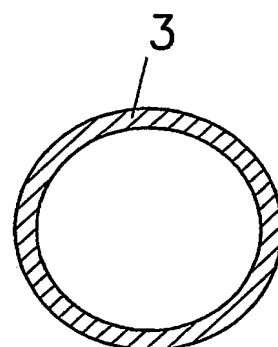


Fig. 2b

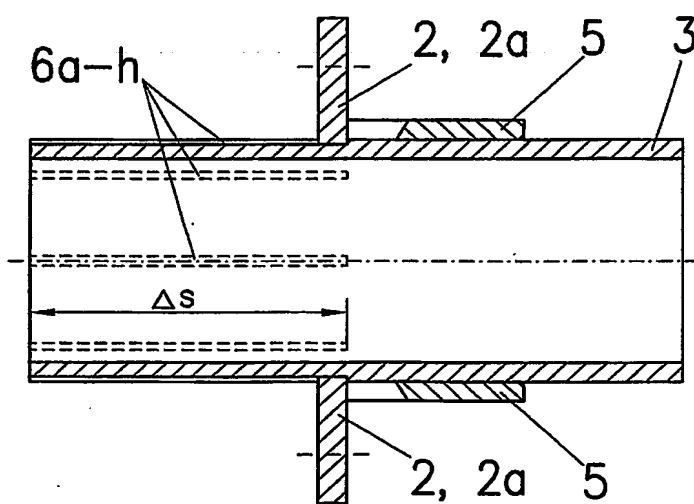


Fig. 2d

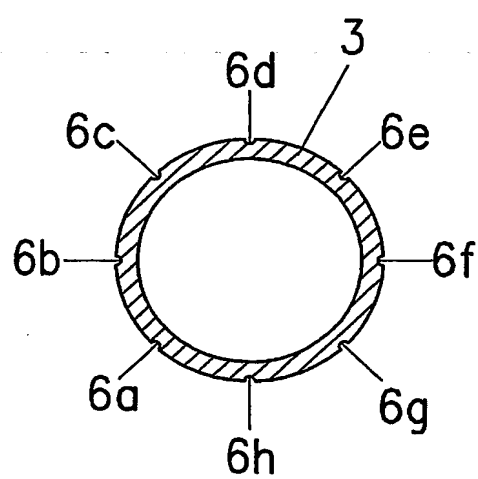


Fig. 2e

6a-h

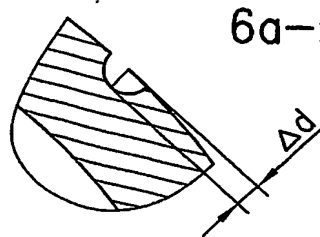


Fig. 3a

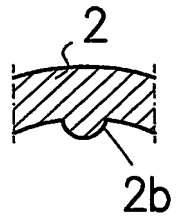


Fig. 3b

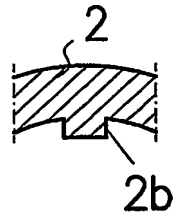


Fig. 3c

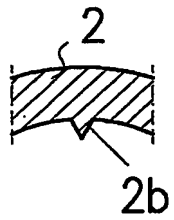


Fig. 3d

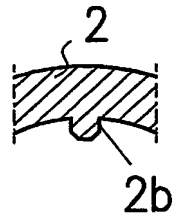


Fig. 3e

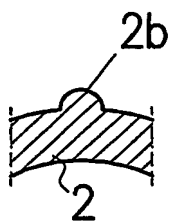


Fig. 3f

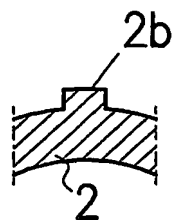


Fig. 3g

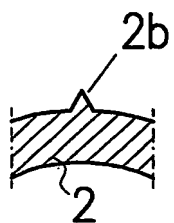


Fig. 3h

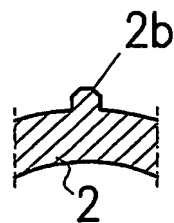


Fig. 4

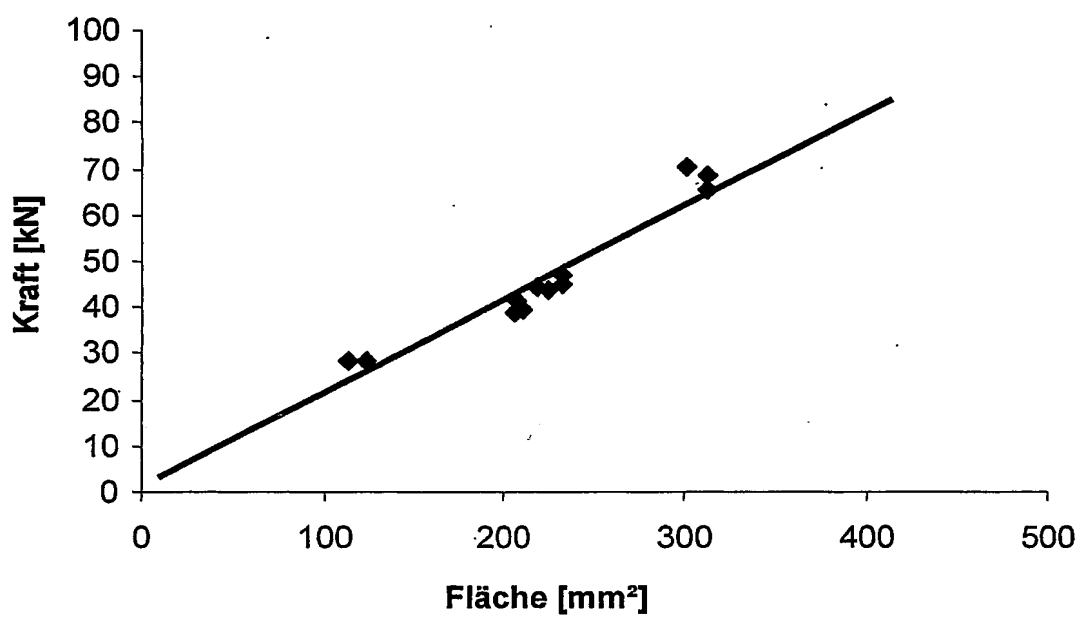
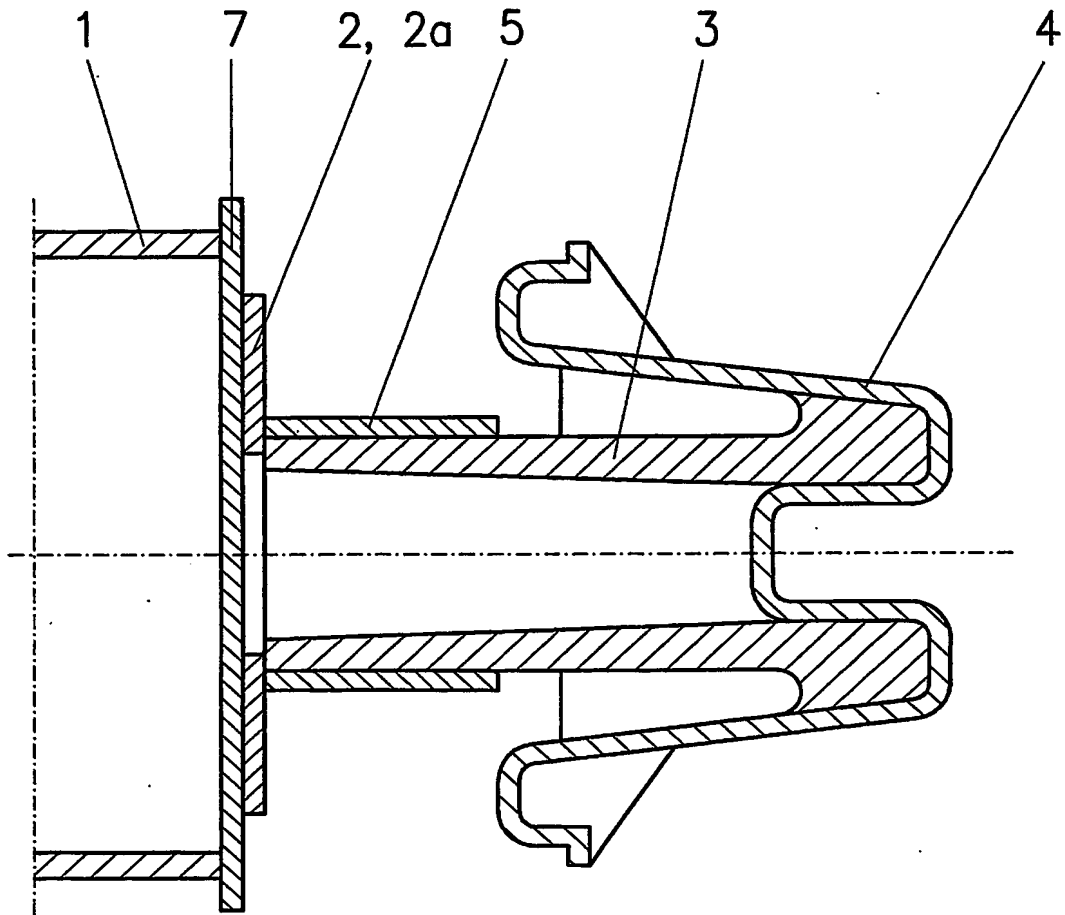


Fig. 5



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**